

Incubación en nidos de vivero y su efecto sobre el reflejo de enderezamiento en crías de tortuga marina *Lepidochelys olivacea*

Claudia Abigail Arreola Camacho, Nancy Marisol Unda-Díaz y Alma Lilia Fuentes Farías

Instituto de Investigaciones sobre los Recursos Naturales, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Mich., México.
Contacto: almafuentes70@hotmail.com

Resumen. Para la protección de las poblaciones de tortugas marinas, la principal estrategia a nivel mundial ha sido la creación de viveros, es decir, áreas de playa protegidas cuya finalidad es monitorear la incubación de huevos y emergencia de crías hasta su llegada al mar. Sin embargo, diversos estudios han registrado efectos negativos de la incubación en nidos de vivero o hechos por el hombre, en el desarrollo de los embriones, el más reciente apunta a que el ambiente incubatorio en esta condición genera estrés crónico. El impacto de esta práctica a nivel cognitivo y conductual ha sido poco estudiado en reptiles, aun cuando ha sido documentado en diversas otras especies, que estas capacidades, son afectadas por el estrés crónico en etapas tempranas de vida. Mediante ese trabajo fue posible documentar, que el ambiente incubatorio en nidos de vivero tiene un efecto negativo en las capacidades motrices, tales como el reflejo de enderezamiento al momento de la emergencia en crías de la tortuga marina *Lepidochelys olivacea*.

Palabras clave. Tortugas marinas, Capacidad motriz, Conservación

La conservación de las tortugas marinas.

Seis de las siete especies existentes en el mundo de tortugas marinas están presentes en nuestro país y se encuentran en los estatus de peligro crítico, en peligro o vulnerables a la extinción según la especie, siendo este último el caso para



Figura 1. Manejo de huevos de tortuga para su protección. A. Colecta de los huevos antes de que la tortuga tape su nido; B. Traslado; C. Elaboración del nido para resiembra; D. Emergencia de crías de *L. olivacea* en nidos de vivero. Fotos tomadas por Mauricio Vega Fuentes

nuestra especie de estudio, por acuerdo de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN, 2004; <http://www.iucn.org>) y en peligro de acuerdo a la norma oficial mexicana (NOM) 059-SEMARNAT-2010, 2019. Dado lo anterior, se han implementado estrategias de conservación, siendo la principal a nivel mundial la creación de viveros, es decir, áreas de playa protegidas cuya finalidad es monitorear la incubación de los huevos y emergencia de las crías hasta su llegada al mar, con el fin de protegerlos de la depredación humana y animal (IUCN, 2004).

Los huevos recién ovipositados por las hembras en nidos naturales (NN) son trasladados a los viveros e incubados en nidos hechos por el hombre (NH). La reubicación de los huevos implica manipulación (traslado y trasplante), modificación de la arquitectura del nido y por lo tanto del ambiente incubatorio (temperatura, oxígeno, humedad, entre otros (Limpus et al., 1979). Se ha reportado la disminución en la tasa de eclosión y emergencia, alteraciones en la proporción sexual, mayor tasa de malformaciones congénitas y menor peso corporal entre otros efectos negativos de la incubación en NH (Glen et al., 2005; Adam et al., 2007).

Por otro lado, Herrera-Vargas et al., (2017), demostró que, al momento de la emergencia de los nidos, las crías de *Lepidochelys olivacea* nacidas de NH presentaron niveles superiores de estrés (corticosterona) en comparación con las crías nacidas de NN. Como producto de lo anterior, fue observado un evidente retraso en el crecimiento neuronal en las cortezas cerebrales dorsal (Cd) y dorsomedial (Cdm), entre otros resultados que sugieren que los embriones incubados en NH estuvieron sometidos a estrés de manera crónica.

Ha sido probado que estímulos que generan estrés, ocasionan una sobre-activación del eje del estrés (hipotálamo-hipófisis-adrenal) HPA, así como la inhibición del proceso de neurogénesis y por ende la disminución en tamaño de diversas partes del cerebro como el hipocampo, homologa a la corteza dorsal



Figura 2. Tortuga *Lepidochelys olivacea* tratando volver a su postura o enderezarse al momento de la emergencia. Foto tomada por Claudia Abigail Arreola Camacho.

(Cd) y dorsomedial (Cdm) en reptiles (Reiner, 1993; Unda et al., *en revisión*) y la amígdala ocasionando trastornos cognitivos y alteraciones en la conducta y capacidades motrices de los individuos (Liston et al., 2006; Brunton y Russell, 2010; McEwen y Gianaros, 2011; Zarate et al., 2014). A este respecto, Unda et al., *en revisión* encontraron que la incubación en NH inhibe el proceso de neurogénesis en crías recién emergidas de la tortuga golfina *Lepidochelys olivacea*.

Ante los hallazgos de Herrera-Vargas et al., (2017) y Unda et al., *en revisión*, surge la interrogante sobre el impacto a nivel conductual de la incubación en NH, en las crías de la tortuga marina *Lepidochelys olivacea* en específico el reflejo de enderezamiento.

El reflejo de enderezamiento. Al momento de nacer, el comportamiento motor, se encuentra constituido por reflejos, algunos de ellos de naturaleza vegetativa que aseguran la supervivencia y otros de naturaleza sensorio-motriz (reflejo de enderezamiento, de marcha automática, de Moro, etc.) que se manifiestan mediante estimulaciones apropiadas (Secadas, 1975). Los reflejos primarios son fundamentales para la supervivencia del neonato y permitirán el desarrollo de estructuras neurológicas

más complejas que permitan respuestas motoras voluntarias (López-Gómez, 2008).

Las reacciones o reflejos de enderezamiento son la respuesta a la fuerza de la gravedad, se producen por las influencias somato-sensoriales, visuales y propioceptivas y facilitan la adquisición del volteo, la reptación entre otros, lo que posteriormente facilitará movimientos motores de mayor complejidad (López-Gómez, 2008). Lo anterior ha sido bien estudiado en mamíferos, para el caso de reptiles y en específico de las tortugas, estudios en la tortuga terrestre *Testudo hermanni* y marinas como *Chelonia mydas*, demuestran que el reflejo de enderezamiento es una respuesta que les confiere habilidad para su supervivencia (Staines et al., 2019). Desde el momento de la emergencia, su llegada al mar y durante toda su vida el reflejo de enderezamiento es de suma importancia, las crías están propensas a volcarse por lo que, la agilidad y velocidad para recuperar su posición será directamente proporcional a la posibilidad de evitar su depredación (Stancher et al., 2006).

En la actualidad, el estudio de los reflejos se ha convertido en un elemento indispensable de diagnóstico en el análisis del desarrollo motor, los reflejos son indudablemente uno de los mejores

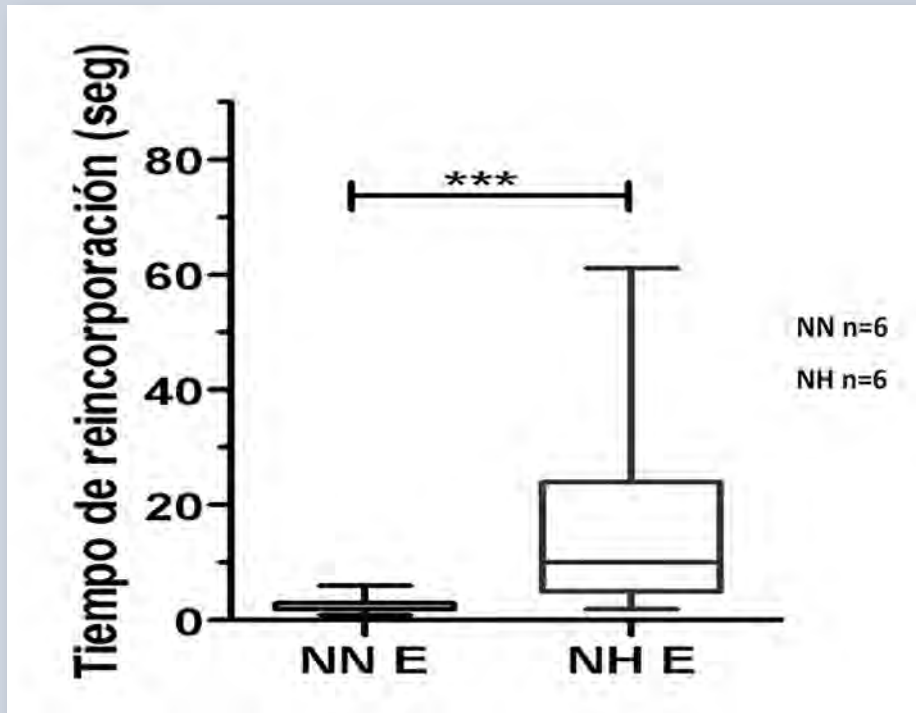


Figura 3. Las crías de *L. olivacea* nacidas de NH presentaron mayor tiempo de reincorporación de posición supina a normal al momento de la emergencia (16.50 ± 15.96 seg) con respecto a las de NN, con diferencia significativa (4.00 ± 7.85 seg comparación no paramétrica de dos grupos, $F(1, 56)$, $***p = 0.001$).

indicadores de la integridad del sistema nervioso y del grado de maduración (Malashichev y Nikitina, 2002). Dada su importancia nuestro estudio tuvo como objetivo evaluar el reflejo de enderezamiento en crías nacidas de nidos hechos por el hombre *versus* nidos naturales. Las pruebas al momento de la emergencia de las crías, fueron llevadas a cabo en el campamento Tortuguero Boca Seca, Mpio. De Lázaro Cárdenas, Michoacán. Fueron analizados 6 nidos de cada condición ($n=6$), cinco tortugas por nido es decir un total de 30 individuos por cada condición experimental.

Al analizar el reflejo de enderezamiento se pudo observar, que las crías recién emergidas de NH tomaron mayor tiempo para poder lograr volver de posición supina a normal. Estos hallazgos contribuyen a la noción hasta ahora reportada por nuestro grupo de investigación (ver Herrera Vargas et al., 2017; Unda Díaz et al, *en revisión*) de que el sistema nervioso de las crías nacidas de NH presenta un retraso en el desarrollo, afectando sus capacidades motrices.

Derivado de lo anterior y demás estudios citados (Herrera Vargas, et al., 2017, Unda y Fuentes, 2017) llevados a

cabo en el laboratorio de Ecofisiología Animal del Instituto de Investigaciones sobre los Recursos Naturales (INIRENA) de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH), es posible concluir que la incubación en NH no provee de un ambiente apropiado para el desarrollo sano de los embriones de la tortuga Golfina *Lepidochelys olivacea*, lo cual invita a reflexionar y repensar en su caso, sobre la efectividad de las estrategias de conservación de las poblaciones de tortugas marinas en el mundo. La alternativa sería dejar los nidos *in situ*, para proveer a los embriones un ambiente incubatorio propicio.

Bibliografía

Adam, V., Tur, C., Rees, A. F. y Tomas, J. (2007). Emergence pattern of loggerhead turtle (*Caretta caretta*) hatchlings from Kyparissia Bay, Greece. *Marine Biology* 151(5): 1743–1749. <https://link.springer.com/article/10.1007/s00227-007-0607-2>

Brunton, J. P. y Russell, J. A. (2010). Prenatal social stress in the rat programmes neuroendocrine and behavioural responses to stress in the adult offspring: sex specific effects. *Journal of Neuroendocrinology*, 22, 258–271. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2826.2010.01969.x>

Glen, F., Broderick, A. C., Godley, B. J. y Hays, G. C. (2005). Patterns in the emergence of green (*Chelonia mydas*) and loggerhead (*Caretta caretta*) turtle hatchlings from their nests. *Marine Biology* 146: 1039–1049. <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s00227-004-1492-6>.

Herrera-Vargas, A., Meléndez-Herrera, E., Gutiérrez, G. y Fuentes-Farías, A. L. (2017). Hatchlings of the Marine Turtle *Lepidochelys olivacea* Display Signs of Prenatal Stress at Emergence after Being Incubated in Man-Made Nests: A Preliminary Report. *Frontiers in Marine Science* 16(1):53–58. <https://doi.org/10.3389/fmars.2017.00400>

IUCN. <https://www.iucnredlist.org/species/4615/11037468>, 2004. Consultado en Enero del 2021.

Limpus, C., Baker, V. y Miller, J. (1979). Movement induced mortality of loggerhead eggs. *Herpetológica*, 35(4) 335–338. <https://www.jstor.com/stable/3891966>

Liston, C., Miller, M. M., Goldwater, D. S., Radley, J. J., Rocher, A. B., Hof, P. R., Morrison, J. H. (2006). Stress-induced alterations in prefrontal cortical dendritic morphology predict selective impairments in perceptual attentional set-shifting. *Journal of Neuroscience*, 26(30), 7870–7874. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.1184-06.2006>

López-Gómez, S., Cajal-Cernuda, C. J., Ordóñez-Blanco, S. M., y Uribe-Rodríguez, A. F. (2008). Identificación y valoración neuropsicológica del riesgo perinatal: instrumentos. *Revista Colombiana de Obstetricia y Ginecología*, 59(4), 316–326. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=195214333008>

Malashichev, Y. B. y Nikitina, N. G. (2002). Preferential limb use in relation to epicoracoid overlap in the shoulder girdle of toads, *Lateralidad* 7:1–18. <https://doi.org/10.1080/1357650-0143000032>

McEwen, B. S. y Gianaros, P. J. (2011). Stress- and allostasis-induced brain plasticity. *Annual Review of Medicine*, 62, 431–445. <https://doi.org/10.1146/annurev-med-052209-100430>

NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección Ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo, publicada el 30 de diciembre de 2010, en el Diario Oficial de la Federación (DOF). Modificada en Noviembre del 2019.

Reiner, A. (1993). Neurotransmitter organization and connections of turtle cortex: implications for the evolution of mammalian isocortex. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 104A, 735–748. DOI: 10.1016/0300-9629(93)90149-X

Secadas, F. (1975). Evolución del comportamiento reflejo. *Revista Española de Pedagogía*, 19-45. <https://revistadepedagogia.org/wp-content/uploads/2018/05/2Evoluci%C3%B3n-del-Comportamiento-Reflejo>.

Staines, M. N., Booth, D. T. y Limpus, C. J. (2019). Microclimatic effects on the incubation success, hatchling morphology and locomotor performance of marine turtles. *Acta Oecologica*, 97, 49–56. <https://doi.org/10.1016/j.actao.2019.04.008>

Stancher, G., Clara, E., Regolin, L. y Vallortigara, G. (2006). Lateralized righting behavior in the tortoise (*Testudo hermanni*). *Behav. Brain Res.* 173: 315–319. <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2006.06.023>

Unda-Díaz Nancy M, Alma L. Fuentes Farías, (2017). Estrés y neurogénesis en tortugas marinas. *Milenaria Ciencia y Arte*. 6 19-21pp.

Unda-Díaz N, M., Meléndez-Herrera, E., Nava-Bravo E., H., Lajud, N., Herrera-Vargas, M., A., Torner, L., Phillips-Farfán B., V., Bucio-Piña, F., B., and Fuentes-Farías, A., L. (*en revisión*). Incubation in man-made nests disturbs neurogenesis and ovariogenesis in sea turtle hatchlings

Zárate, S., Cárdenas, F. P., Acevedo-Triana, C. A., Sarmiento-Bolaños, M. J. y León, L. A. (2014). Efectos del estrés sobre los procesos de plasticidad y neurogénesis: una revisión. *Universitas Psychologica* 13(3):15–48. <http://www.scielo.org.co/pdf/rups/v13n3/v13n3a30.pdf>